

***IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE***

Applicant: Toshiharu OBU et al.

Title: INVERTER DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE  
DEVICE THEREOF, AND ELECTRIC AUTOMOBILE  
INCORPORATING THE INVERTER DEVICE THEREOF

Appl. No.: Unassigned

Filing Date: 03/31/2004

Examiner: Unassigned

Art Unit: Unassigned

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

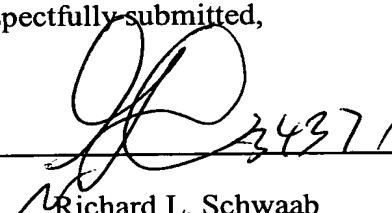
- JAPAN Patent Application No. 2003-321462 filed 09/12/2003.

Respectfully submitted,

Date March 31, 2004

FOLEY & LARDNER LLP  
Customer Number: 22428  
Telephone: (202) 672-5414  
Facsimile: (202) 672-5399

By

  
Richard L. Schwaab  
Attorney for Applicant  
Registration No. 25,479

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    9 月 1 2 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 3 2 1 4 6 2  
Application Number:

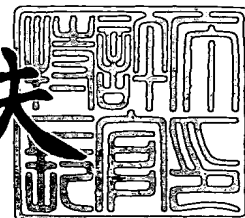
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 3 2 1 4 6 2 ]

出      願      人                      株式会社東芝  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    2 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 7AB0390021  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 23/36  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝 府中事業所内  
    【氏名】 大部 利春  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝 府中事業所内  
    【氏名】 田多 伸光  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝 府中事業所内  
    【氏名】 関谷 洋紀  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 本社事務所内  
    【氏名】 萩原 敬三  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新磯子町 3 3 番地 株式会社東芝 生産技  
    術センター内  
    【氏名】 吉岡 心平  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000003078  
    【氏名又は名称】 株式会社 東芝  
【代理人】  
    【識別番号】 100083161  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 外川 英明  
    【電話番号】 (03)3457-2512  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 010261  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

インバータの 1 アームを構成する並列接続された複数の半導体チップと、前記複数の半導体チップの一方の面が接続された第 1 の導体と、前記複数の半導体チップの他方の面が接続された幅広導体と、前記幅広導体に接続された第 2 の導体と、前記第 1 の導体及び第 2 の導体が絶縁樹脂シートを介して接着された冷却器とを具備したことを特徴とするインバータ装置。

**【請求項 2】**

インバータの上側アームを構成する複数の半導体チップが並列接続された第 1 の半導体チップ群と、前記第 1 の半導体チップ群の半導体チップの一方の面が接続された第 1 の導体と、インバータの下側アームを構成する複数の半導体チップが並列接続された第 2 の半導体チップ群と、前記第 2 の半導体チップ群の半導体チップの一方の面が接続された第 2 の導体と、前記第 1 の半導体チップ群の半導体チップの他方の面が接続された第 1 の幅広導体と、前記第 2 の半導体チップ群の半導体チップの他方の面が接続された第 2 の幅広導体と、前記第 1 の導体及び第 2 の導体との間に配置され前記第 1 の幅広導体に接続された 3 相出力電極を接続する第 3 の導体と、前記第 1 の導体及び第 2 の導体との間に配置され前記第 2 の幅広導体に接続された負極電極を接続する第 4 の導体と、前記第 1 乃至第 4 の導体が絶縁樹脂シートを介して接着された冷却器とを具備したことを特徴とするインバータ装置。

**【請求項 3】**

前記半導体チップの他方の面に熱緩衝板を接合し、前記幅広導体を接続したこと特徴とする請求項 1 または 2 記載のインバータ装置。

**【請求項 4】**

前記複数の半導体チップと熱緩衝板と前記導体を低融点または高融点はんだで接合した後に、前記導体と前記冷却器、および前記熱緩衝板と前記幅広導体を、それぞれ接着することを特徴とする請求項 3 記載のインバータ装置の製造方法。

**【請求項 5】**

前記幅広導体を複数のチップごとに分割し、前記導体と前記冷却器を、前記導体上の複数の半導体チップが接合されていない場所を加圧して接着することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のインバータ装置の製造方法。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】インバータ装置及びその製造方法

## 【技術分野】

【0001】

本発明は、小型で冷却効率が良く、信頼性の高いインバータ装置及びその製造方法に関する。

## 【背景技術】

【0002】

電気自動車では、電力用半導体素子およびそれを用いたインバータ装置の小型化、高信頼性が要求されている。電力用半導体素子およびそれを用いたインバータ装置の小型化、高信頼性を図るためには、冷却効率が良い電力用半導体素子およびインバータ装置が必要となる。（例えば、特許文献1を参照。）

以下、従来のインバータ装置の構造について、図6、図7を参照して説明する。図6は、電力用半導体素子内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図であり、図7は、電力用半導体素子の部分斜視図である。

【0003】

図6に示すインバータ装置では、3相インバータの1アームをサイズが□10mm以下の半導体チップであるIGBT171およびダイオード181を複数個並列接続して構成し、さらに厚みが1.5mm以上5mm以下の導体20に前記3相インバータの1アームを構成する複数の半導体チップを接合し、前記導体20を冷却器22にセラミックスを含有した絶縁樹脂シート23で接着している。

【0004】

さらに図7に示すインバータ装置では、3相インバータのW相の上側アームを構成する4並列接続されたIGBT171A~171Dおよび2並列接続されたダイオード181A~181Bを、3相インバータの上側アームを構成する上側アーム導体25に1列に配置し、同様に3相インバータのW相の下側アームを構成する4並列接続されたIGBT172A~172Dおよび2並列接続されたダイオード182A~182Bを、3相インバータの下側アームを構成する下側アーム導体26に1列に配置している。さらに、上側アーム導体25および下側アーム導体26の間に、上側アーム導体25上に配置されたIGBT171A~171Dおよびダイオード181A~181Bと3相出力端子32を接続する3相出力導体27を配置している。

【0005】

図7では、下側アーム導体26と、3相出力導体27が同一の導体で構成されている。さらに、上側アーム導体25および下側アーム導体26の間に、下側アーム導体26上に配置されたIGBT172A~172Dおよびダイオード182A~182Bと負極端子31を接続する負極導体28を配置している。IGBTおよびダイオードと各導体間は、ワイヤボンディング29により電氣的に接続されている。

【0006】

図6~図7に示すインバータ装置では、導体20や上側アーム導体25および下側アーム導体26に接合されたIGBT171A~171Dおよびダイオード181A~181Cが冷却器22に絶縁樹脂シート23を用い直接接着されているので、電力用半導体素子内部のIGBTおよびダイオードチップの熱抵抗が低減する。更に、IGBT171A~171Dおよびダイオード181A~181Cが厚み1.5mm以上5mm以下の導体20や上側アーム導体25および下側アーム導体26に接合されているので、導体20や上側アーム導体25および下側アーム導体26の熱容量の効果により熱時定数が大きくなり過渡熱抵抗が小さくなり、インバータ起動時の温度上昇が小さくなる。故に、冷却効率が向上し、インバータ装置の小型化が図れる。

【特許文献1】特開2003-153554号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

**【0007】**

しかしながら、従来のインバータ装置では、電力用半導体素子内部の IGBT およびダイオードチップの熱抵抗が低減する反面、以下のような問題点がある。

**【0008】**

先ず、複数個並列接続された IGBT またはダイオードチップがワイヤボンディングにより電氣的に配線されているので、複数のワイヤボンディングを配線するのに時間がかかり、製造時間が長くなる。

**【0009】**

また、冷却効率を向上しようとしても、構造的に限界がある。

**【0010】**

よって、本発明は、電力用半導体素子の冷却効率をさらに向上し、インバータ装置の通電容量の向上・小型化に対応し、なおかつ製造性に優れた電力用半導体素子を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0011】**

上記目的を達成するために、本発明の請求項 1 に係るインバータ装置では、インバータの 1 アームを構成する並列接続された複数の半導体チップと、前記複数の半導体チップの一方の面が接続された第 1 の導体と、前記複数の半導体チップの他方の面が接続された幅広導体と、前記幅広導体に接続された第 2 の導体と、前記第 1 の導体及び第 2 の導体が絶縁樹脂シートを介して接着された冷却器とを具備したことを特徴とする。

**【0012】**

本発明の請求項 2 に係るインバータ装置では、インバータの上側アームを構成する複数の半導体チップが並列接続された第 1 の半導体チップ群と、前記第 1 の半導体チップ群の半導体チップの一方の面が接続された第 1 の導体と、インバータの下側アームを構成する複数の半導体チップが並列接続された第 2 の半導体チップ群と、前記第 2 の半導体チップ群の半導体チップの一方の面が接続された第 2 の導体と、前記第 1 の半導体チップ群の半導体チップの他方の面が接続された第 1 の幅広導体と、前記第 2 の半導体チップ群の半導体チップの他方の面が接続された第 2 の幅広導体と、前記第 1 の導体及び第 2 の導体との間に配置され前記第 1 の幅広導体に接続された 3 相出力電極を接続する第 3 の導体と、前記第 1 の導体及び第 2 の導体との間に配置され前記第 2 の幅広導体に接続された負極電極を接続する第 4 の導体と、前記第 1 乃至第 4 の導体が絶縁樹脂シートを介して接着された冷却器とを具備したことを特徴とする。

**【0013】**

本発明の請求項 3 に係るインバータ装置では、前記半導体チップの他方の面に熱緩衝板を接合し、前記幅広導体を接続したこと特徴とする。

**【0014】**

本発明の請求項 4 に係るインバータ装置の製造方法では、前記複数の半導体チップと熱緩衝板と前記導体を低融点または高融点はんだで接合した後に、前記導体と前記冷却器、および前記熱緩衝板と前記幅広導体を、それぞれ接着することを特徴とする。

**【0015】**

本発明の請求項 5 に係るインバータ装置の製造方法では、前記幅広導体を複数のチップごとに分割し、前記導体と前記冷却器を、前記導体上の複数の半導体チップが接合されていない場所を加圧して接着することを特徴とする。

**【発明の効果】****【0016】**

本発明によれば、インバータ装置の通電容量の向上・小型化・信頼性向上が可能となる。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0017】**

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

## 【0018】

図1は、本発明の第1の実施の形態のインバータ装置の実装構造を示す部分斜視図である。図2は、図1のインバータ装置通電時に半導体チップより発生する熱損失の放熱経路を示す熱流束の解析結果である。図3は、図1のインバータ装置の半導体チップの過渡熱抵抗の解析結果である。

## 【0019】

図1において、インバータ装置は、3相インバータの1アームを、サイズが□10mm以下の半導体チップであるIGBT171A～Dおよびダイオード181A～B、IGBT172A～Dおよびダイオード182A～Bを並列接続して構成している。図1においては、IGBTが4並列、ダイオードが2並列の場合を示している。

## 【0020】

さらに、3相インバータの上側アームを構成する4並列接続されたIGBT171A～Dおよび2並列接続されたダイオード181A～Bを、3相インバータの上側アームを構成する上側アーム導体25に1列に配置し、同様に3相インバータの下側アームを構成する4並列接続されたIGBT172A～Dおよび2並列接続されたダイオード182A～Bを、3相インバータの下側アームを構成する下側アーム導体26に1列に配置している。

## 【0021】

さらに、上側アーム導体25および下側アーム導体26の間に、上側アーム導体25上に配置されたIGBT171A～Dおよびダイオード181A～Bと3相出力端子32を接続する3相出力導体27を配置している。図1の実施例では、下側アーム導体26と、3相出力導体27が同一の導体で構成されている。

## 【0022】

さらに、上側アーム導体25および下側アーム導体26の間に、下側アーム導体26上に配置されたIGBT172A～Dおよびダイオード182A～Bと負極端子31を接続する負極導体28を配置している。

## 【0023】

上記上側アーム導体25および下側アーム導体26および3相出力導体27および負極導体28の厚みは1.5mm～5mm程度で、IGBTおよびダイオードは前記導体の厚みの2倍以上の距離分散配置され、Sn/Pbなどの低融点またはSn/Ag/Cuなどの高融点はんだで各導体と接合されている。

## 【0024】

さらに上側アーム導体25および下側アーム導体26および3相出力導体27および負極導体28は、冷却器22にセラミックを含有した絶縁樹脂シート23で接着されている。絶縁樹脂シート23は、例えば絶縁樹脂に窒化ホウ素などのセラミックフィラーを充填したものであり、熱伝導率は2～4W/mK、厚みは0.05～0.15mm程度である。

## 【0025】

さらに、IGBTおよびダイオードの上部には、幅広導体33がSn/Pbなどの低融点またはSn/Ag/Cuなどの高融点はんだで接合され、3相出力導体27および負極導体28と幅広導体33により電氣的に接続されている。

## 【0026】

上側アーム導体25と正極端子30、および3相出力導体27と3相出力端子32、および負極導体28と負極端子31も、入出力導体34により電氣的に接続されている。

## 【0027】

IGBT171、IGBT172およびダイオード181およびダイオード182は材質がSiで、前記各導体は材質が銅であるので、IGBTおよびダイオードと導体の線膨張係数の違いにより、温度サイクルが負荷されたときに、IGBTおよびダイオードと導体を接合するはんだにせん断応力が発生し、非線型ひずみが発生する。非線型ひずみの値が大きくなると、温度サイクルが負荷されたときにはんだにクラックなどが発生する。非

線型ひずみの値は、小さいほど信頼性・耐久性が向上する。

【0028】

よって、IGBTおよびダイオードのチップサイズが大きくなると、はんだの非線型ひずみが増大する。インバータ装置の信頼性・耐久性を確保するためには、チップサイズをおおよそ□10mm以下とすることが必要になる。

【0029】

一方、チップサイズを□10mm以下とすると、1チップ当りの通電容量が小さくなるため、電気自動車用の数10kWのインバータ装置を構成するためには、チップの並列接続が必要となる。

【0030】

また、特にインバータ起動時の温度上昇を低減し、前記各導体の熱拡散の効果により定常熱抵抗を低減するためには、特許文献1に記載されているように、上側アーム導体25および下側アーム導体26および3相出力導体27および負極導体28の厚みは1.5～5mmが望ましい。

【0031】

図2は、インバータ装置通電時に、半導体チップであるIGBT172Aにおいて発生した熱損失が、冷却器22まで熱伝導され冷却されるとき、熱損失の流れを示す定常状態における熱流束の解析結果である。

【0032】

図3は、図6～図7に示した従来の電力用半導体素子と、本発明の電力用半導体素子の半導体チップの過渡熱抵抗を比較した解析結果である。

【0033】

従来の電力用半導体素子では、ワイヤボンディングが非常に細く熱抵抗が非常に大きいので、IGBT172Aで発生した熱損失は、ほとんど全てが下側アーム導体26に熱伝導し、冷却器22に放熱される。

【0034】

これに対し、図2に示すように、本発明の電力用半導体素子では、IGBT172Aで発生した熱損失は、一部が幅広導体33に熱伝導しさらに負極導体28に熱伝導し、もう一部が下側アーム導体26に熱伝導し、さらに冷却器22に熱伝導し冷却される。

【0035】

この解析では、幅広導体33の厚みは3mmとし、下側アーム導体26及び負極導体28の厚みも3mmとしている。幅広導体33からの熱伝導を促進するためには、断面積が大きい方が熱抵抗が小さくなるのである程度の厚み（数mm程度）を有することが望ましい。断面積を大きくすると熱抵抗は小さくすることができるが、重量が重くなるという問題が発生する。

【0036】

上記で説明したように、本発明では、IGBT172Aが幅広導体33および下側アーム導体26により両面冷却されているので、図3に示したように、10～20secの定常熱抵抗が従来の電力用半導体素子に比べ約25%低減される。さらに、インバータ起動時に問題となる0.1～0.3secの過渡熱抵抗も、幅広導体33の両面冷却および熱容量の効果により、従来の電力用半導体素子に比べ約50%低減する。

【0037】

また、本発明の電力用半導体素子では、IGBTおよびダイオードと導体と幅広導体をはんだにより接合すれば電氣的配線が完成するので、従来の電力用半導体素子のように複数のワイヤボンディングを配線するという工程が必要なくなり、製造時間が短縮される。

【0038】

このように、第1の実施の形態のインバータ装置においては、電力用半導体素子内部のIGBTおよびダイオードチップの熱抵抗がさらに低減し、インバータ起動時および定常状態の両方ともで、IGBTおよびダイオードチップの温度上昇が低くなり冷却効率が向上する。これにより、インバータ装置の信頼性向上・小型化が図れると共に、電力用半導



体素子の製造歩留まりも向上する。

【0039】

次に本発明の第2の実施の形態について説明する。

【0040】

図4は、本発明の第2の実施の形態のインバータ装置の実装構造を示す部分斜視図である。図5は、本発明の第2の実施の形態のインバータ装置の製造手順を示す部分斜視図である。

【0041】

図4において、電力用半導体素子は、半導体チップであるIGBT171A～Dおよびダイオード181A～B、IGBT172A～Dおよびダイオード182A～Bの上部に、熱緩衝板35をSn/Pbなどの低融点またはSn/Ag/Cuなどの高融点はんだで接合し、さらに熱緩衝板35の上部に幅広導体33を、導電性接着剤で接着する。

【0042】

熱緩衝板35の材質は、半導体チップと線膨張係数の近い例えばモリブデン(Mo)などであり、その厚みは0.5mm程度である。導電性接着剤は、例えば絶縁樹脂を母材とし、銀フィラーなどの導電性物質が充填された接着剤であり、熱伝導率は15～60W/mK位である。その他の構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0043】

上記構造では、半導体チップと幅広導体33の間に熱緩衝板35と導電性接着剤があるが、例えば熱緩衝板35がモリブデンでその厚みが0.5mmであり、導電性接着剤の熱伝導率が15W/mKであれば、第1の実施の形態に比べ約5%熱抵抗は高くなるものの、10～20secの定常熱抵抗が従来の電力用半導体素子に比べ約20%低減される。

【0044】

さらに、図5の(B)に示すように、本発明の電力用半導体素子は、まずにIGBT171A～Dおよびダイオード181A～B、IGBT172A～Dおよびダイオード182A～Bと熱緩衝板35と前記各導体を、低融点または高融点はんだで接合する。

【0045】

その後、前記各導体と前記冷却器22を絶縁樹脂シート23を用い、さらに熱緩衝板35と幅広導体33を導電性接着剤を用い、それぞれ同一の温度工程にて加熱接着する。

【0046】

さらに、幅広導体35は半導体チップごとに分割されているので、各導体と冷却器22を、各導体上の複数の半導体チップが接合されていない場所を加圧して、絶縁樹脂シート23を用い、加圧、加熱接着する。

【0047】

上記のように製造する電力用半導体素子では、インバータの出力容量が大きくなり半導体チップの並列数が増え各導体の長さが長くなり、上側アーム導体25および下側アーム導体26および3相出力導体27および負極導体28において、各導体の冷却器との接合面の平面度や反りにある程度のばらつきが生じた場合でも、第1の実施の形態のように各導体のはんだ接合にて幅広導体33と一体化されていない状態で、各導体がそれぞれ独立した状態で同一の温度工程にて絶縁樹脂シート23を用い冷却器22と加圧加熱接着されるので、冷却器22と各導体が完全に一体化した状態で接着することが可能となる。

【0048】

このように、第2の実施の形態においては、インバータ装置の出力容量が増大しても、電力用半導体素子の製造歩留を向上させることが可能となり、インバータ起動時および定常状態の両方ともで、第1の実施の形態とほぼ同等にIGBTおよびダイオードチップの温度上昇が低くなり冷却効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】 本発明の第1の実施の形態のインバータ装置の実装構造を示す部分斜視図。

【図2】 図1のインバータ装置通電時に、半導体チップより発生する熱損失の放熱経

路を示す熱流束の解析結果。

【図 3】 図 1 のインバータ装置の半導体チップの過渡熱抵抗の解析結果。

【図 4】 本発明の第 2 の実施の形態のインバータ装置の実装構造を示す部分斜視図。

【図 5】 本発明の第 2 の実施の形態のインバータ装置の製造手順を示す部分斜視図。

【図 6】 従来の電力用半導体素子内部の半導体チップの実装構造を示す部分縦断面図

。

【図 7】 従来の電力用半導体素子の部分斜視図。

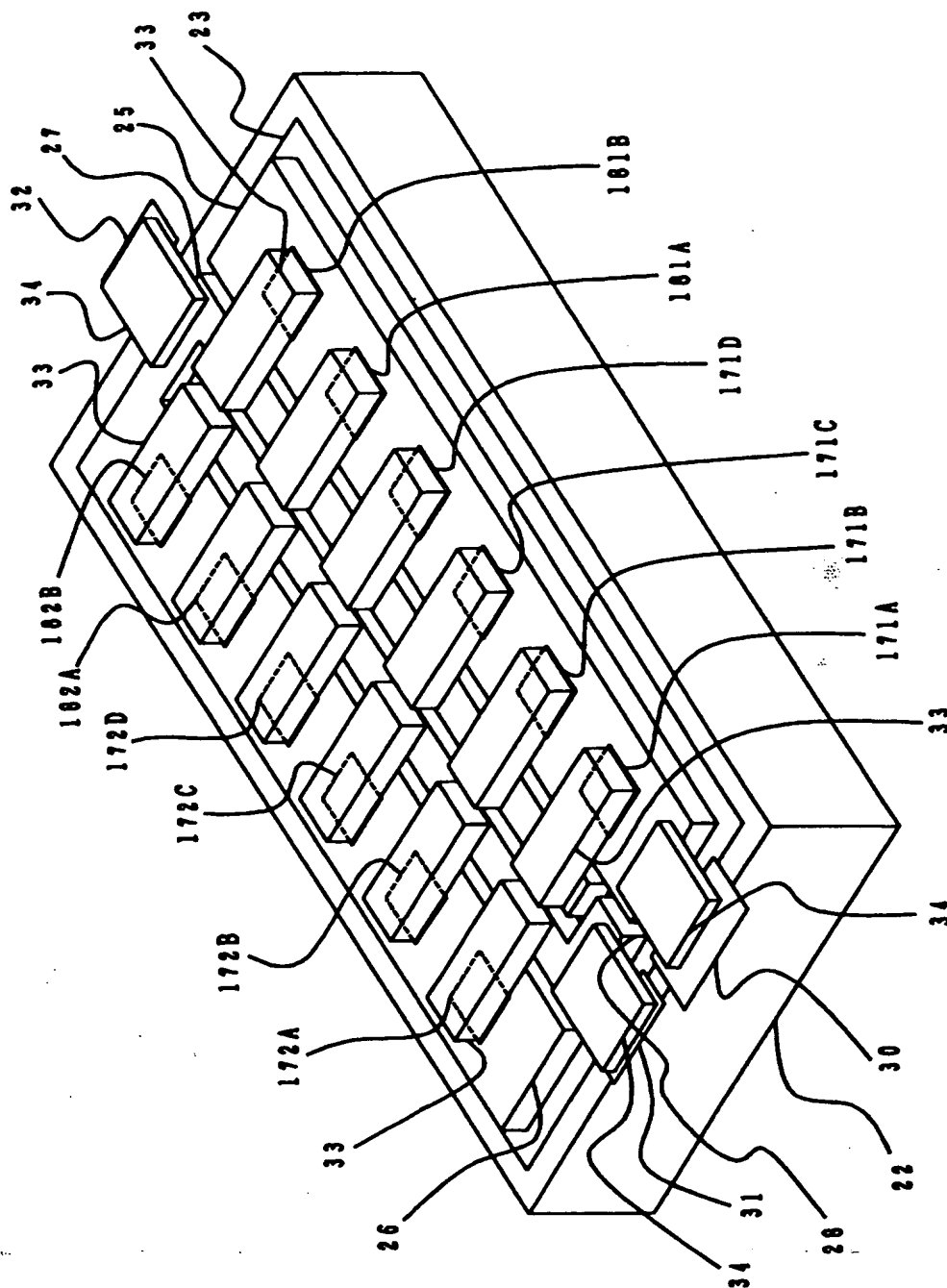
【符号の説明】

【0050】

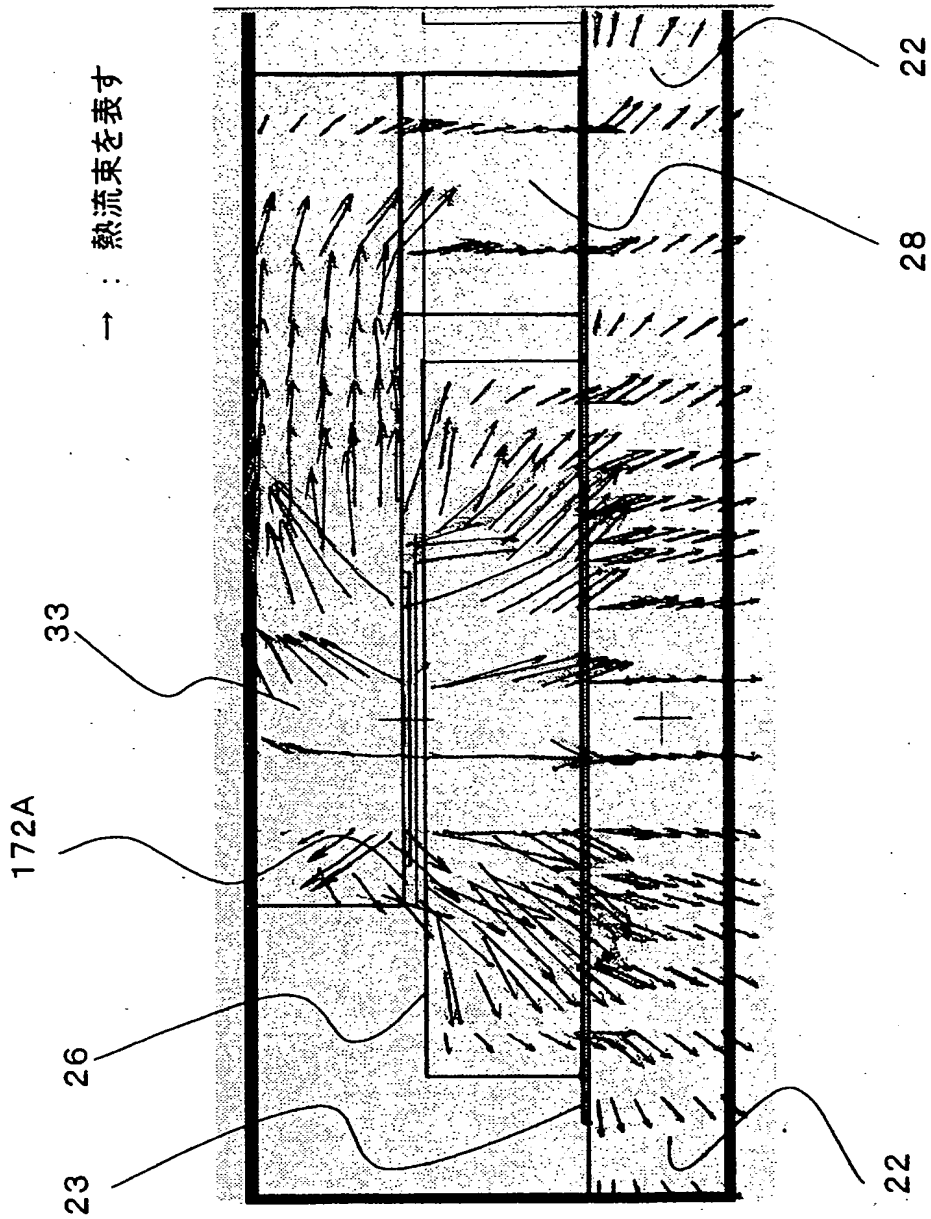
- 171、172・・・IGBT
- 181、182・・・ダイオード
- 22・・・冷却器
- 23・・・絶縁樹脂シート
- 25・・・上側アーム導体
- 26・・・下側アーム導体
- 27・・・3相出力導体
- 28・・・負極導体
- 29・・・ワイヤボンディング
- 30・・・正極端子
- 31・・・負極端子
- 32・・・3相出力端子
- 33・・・幅広導体
- 34・・・入出力導体
- 35・・・熱緩衝板

【書類名】 図面

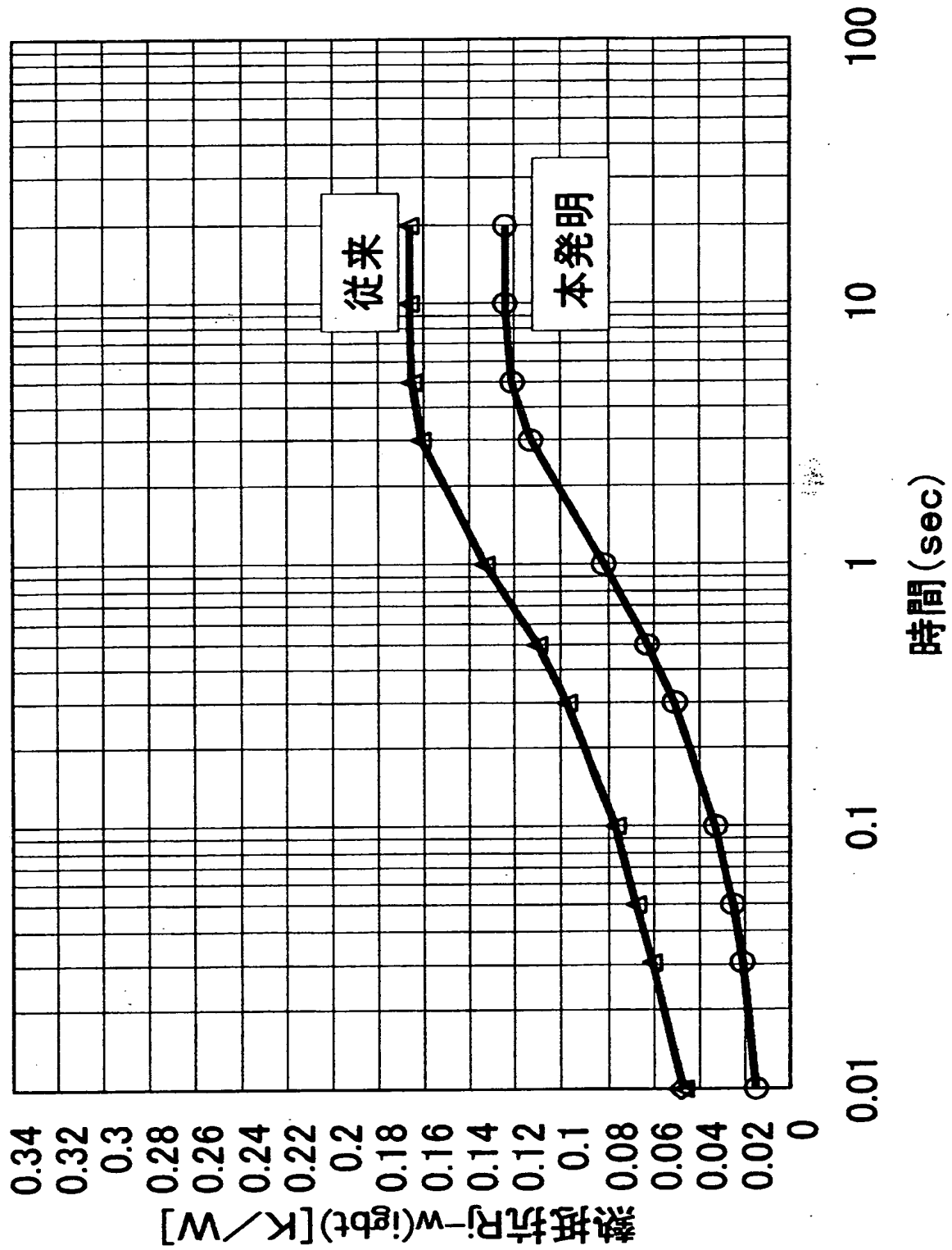
【圖 1】



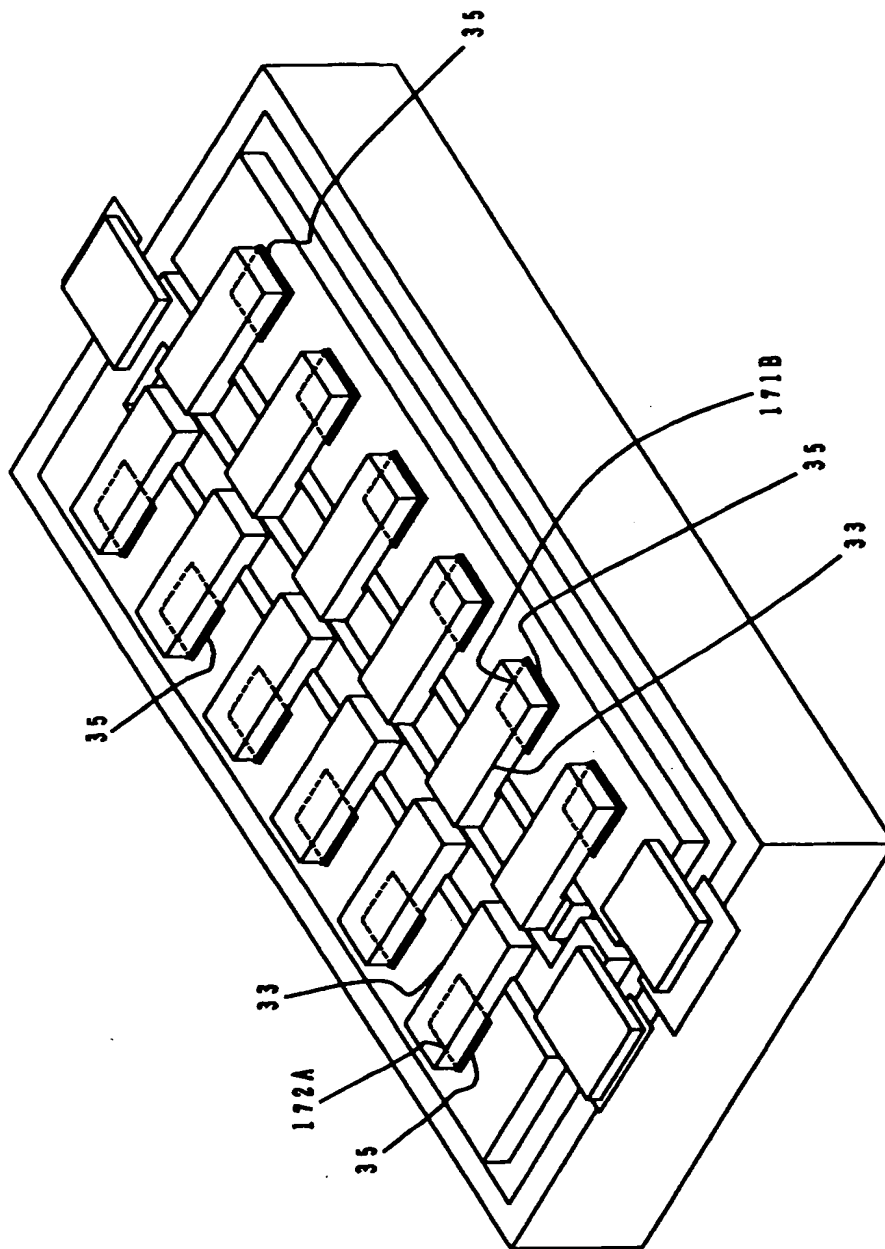
【図 2】



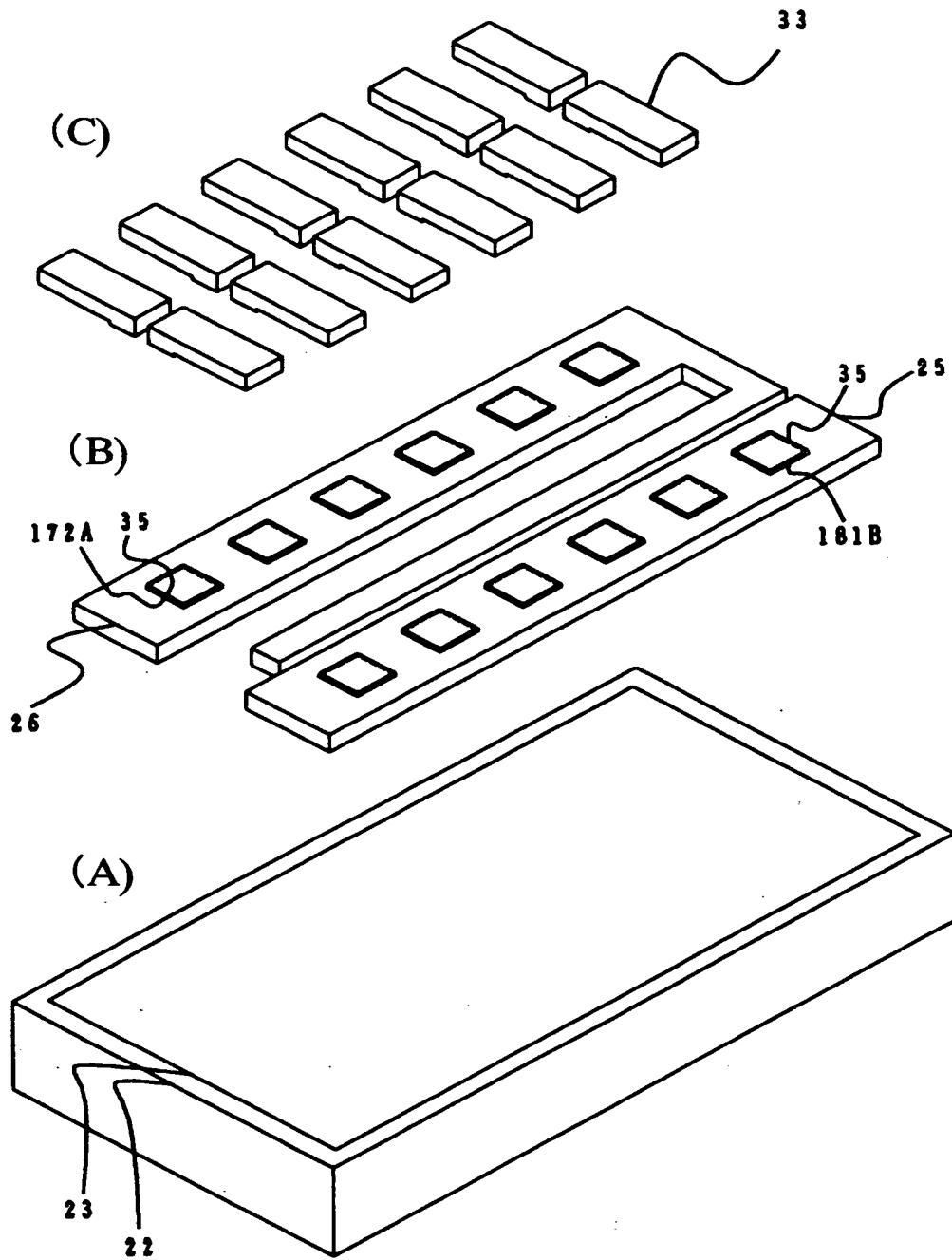
【図 3】



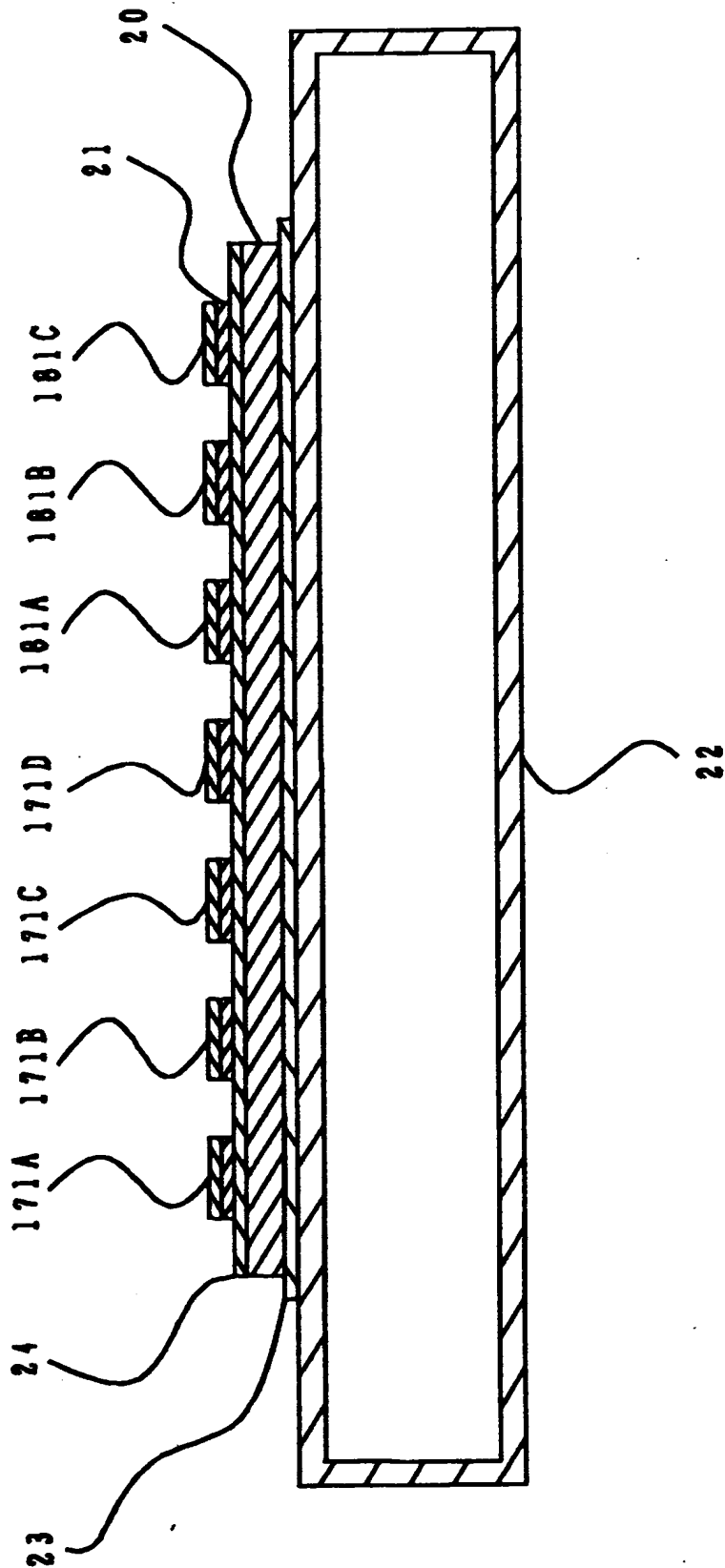
【図 4】



【図 5】

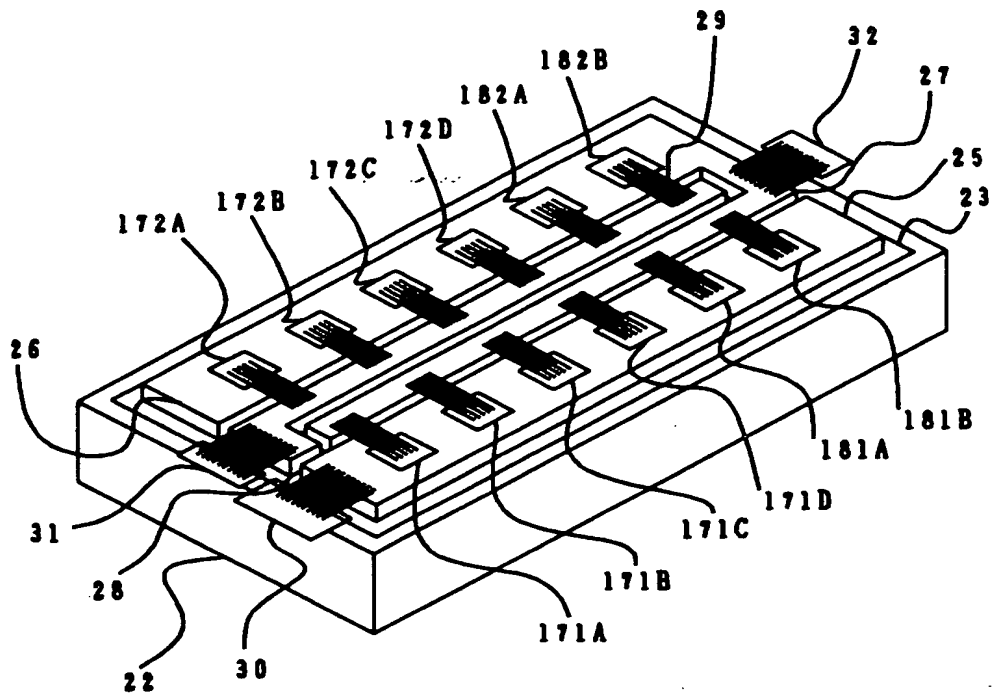


【図 6】





【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ワイヤボンディングによる接続では、ワイヤボンディングを配線するのに時間がかかり、また、冷却効率を向上しようとしても、構造的に限界がある。

【解決手段】 インバータの 1 アームを構成する並列接続された複数の半導体チップ 1 7 1、1 8 1 と、前記複数の半導体チップの一方の面が接続された第 1 の導体 2 5 と、前記複数の半導体チップの他方の面が接続された幅広導体 3 3 と、前記幅広導体に接続された第 2 の導体 2 7 と、前記第 1 の導体及び第 2 の導体が絶縁樹脂シート 2 3 を介して接着された冷却器 2 2 とを具備したことにより、半導体チップで発生した熱損失は、一部が第 1 の導体に熱伝導し、冷却器に熱伝導して冷却され、もう一部が幅広導体に熱伝導しさらに第 2 の導体熱伝導し、冷却器に熱伝導して冷却される。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 3 2 1 4 6 2
受付番号	5 0 3 0 1 5 1 8 5 9 4
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 5 年 9 月 1 6 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 9月12日

特願 2 0 0 3 - 3 2 1 4 6 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 7 8 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝